

Ⅲ-3. 「バイオマス利用技術の現状とロードマップ」(2)

技術	原料	製造物	技術レベル				技術番号	技術の現状	技術的な課題等(○) 事業化にあたっての留意点(●)*
			現状	5年後	10年後	20年後			
直接燃焼 (小型出力装置の開発:小型ボイラ)	木質系	熱、電気	実証	実用化			(8)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 日本の家屋向けに、高効率で排気ガスがクリーンな薪ボイラ(10kW)を開発するため、炉内酸素濃度等を把握し吸気を制御する技術で、技術的には実証段階。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ダンパーのPDE制御の挙動、排ガス等の安全性の検証 ○ SEへの効率的な熱伝導の検証が必要 ○ 連続稼働による発電効率の維持のためのメンテナンス体制の構築 ● 安定稼働の実証
直接燃焼 (焼却廃熱利用)	下水汚泥	電気	実証	実用化			(9)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 既存の小規模汚泥焼却設備に付加可能な、焼却廃熱を利用する高効率発電技術で、技術的には実証段階。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 実規模レベルの実証による課題の把握
固体燃料化 (①炭化・ ②半炭化)	木質系、 草本系、 下水汚泥等	固体燃料、 スラリー燃料、 バイオコークス	① 実用化				(10)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 炭化: 下水汚泥を、酸素供給を遮断又は制限して250~350程度に加熱し、熱分解により炭素含有率の高い固体生成物を得る技術で、技術的には実用化段階。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 原料調達、販路等を含む事業環境の整備や製造等に要するコストを勘案した事業性の確保 ○ 土壌改良資材としての性能評価と実証試験
			② 実証(一部実用化)	実用化			(11)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 半炭化: 木質等のバイオマス、酸素供給を遮断して200℃~300℃程度の炭化する手前の中低温領域で加熱・脱水し、エネルギー密度や耐水性が高い固体生成物を得る技術で、技術的には実証段階(下水汚泥は実用化段階)。 ○ 優れた耐水性やエネルギー効率等を活かした用途開発を実施。(専焼技術) 	
炭化	下水汚泥	活性炭代替製品、土壌改良材	研究	実証	実用化		(12)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 下水汚泥を1,100度を超える超高温で炭化することにより、活性炭の代替製品等の製造を可能とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 実規模での実証を通じた技術的課題の把握 ● 技術的課題解消後に利用促進意識の醸成などの普及促進策。
熱化学的変換 ガス化 (発電・熱利用) (①高温ガス化、 ②低温ガス化)	木質系、 草本系、 下水汚泥等	ガス・熱・電気	② 研究・実証	実証(一部実用化)	実用化		(13)	<ul style="list-style-type: none"> ○ ヒノキ、下水汚泥、豚糞などの混合バイオマスを原料として、低温(450℃)でガス化する技術で、技術的には研究・実証段階。 ○ 高冷ガス効率と低タール残率を両立出来る熱分解ガス化プロセスである「第4世代ガス化」技術を確立。バイオマスを原料に、冷ガス効率(従来80%台)の向上、タール残率(従来>100ppm)の減少を目指す。 ○ 二塔式ガス化炉とOPT、他燃料ペレット等バイオマス燃料からの合成ガスの製造、発電、窒素肥料の製造。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ スケールアップによる実証、生産コスト削減、開発した触媒の混合ガス対応(木質バイオマス、活性汚泥等からの混合ガス)及び触媒活性の向上 ○ バイオマス資源は原料組成が一定とならない。 ○ 二塔式ガス化炉とOPTペレットの製造技術を組み合わせたプロセスの確認
			① 研究・実証	実証	実用化		(14)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 農業残渣である籾殻において、高温で生成する発がん性物質の結晶質シリカの抑制と、低温で発生するタールの抑制を両立させるとともに、残渣であるくん炭は肥料成分である可溶性ケイ酸を含有し循環型農業に貢献できる技術を確立した。 	
			② 研究・実証	実証	実用化		(15)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 木質等のバイオマスを水蒸気・酸素等のガス化剤によってガス化し、生成したガスから触媒を用いて液体燃料(メタノール、ジメチルエーテル、ガソリン代替燃料、ジェット燃料等)を得る技術。有機性化合物であれば、木質系、草本系、厨芥類等幅広いバイオマスに利用可能。技術的には研究・実証段階。 ○ ラボレベル、ベンチプラントレベルで、高性能触媒等を用いた液体燃料製造(FT合成)に成功。 ○ バイオマスペレットからの二塔式ガス化炉からの合成ガス、または同バイオマス液体部からのメタンガス由来合成ガスより、軽油など石油代替液体燃料を製造。 	

Ⅲ-3. 「バイオマス利用技術の現状とロードマップ」(3)

技術	原料	製造物	技術レベル				技術番号	技術の現状	技術的な課題等(○) 事業化にあたっての留意点(●)*
			現状	5年後	10年後	20年後			
液体燃料製造 (エステル化・部分水素化)	廃食用油、 油糧作物	バイオディーゼル燃料(BDF、H-FAME)	実用化 (一部実証)	実用化			(16)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 廃食用油や植物油にメタノールとアルカリ触媒を加えてエステル交換する等の方法で、バイオディーゼル燃料である脂肪酸メチルエステル(FAME)を得る技術で、技術的には実用化段階。 ○ 東南アジアで推進されている輸送用燃料におけるバイオ燃料高濃度化に対応するため、部分水素化によるBDF改質技術を開発し、車走行試験により、製品の自動車適合性を確認(H-FAME)。技術的には実証段階。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ グリセリンの利用・除去技術の開発 ○ 貯蔵安定性の確保 ○ 新型ディーゼル車両(DPFやNOx除去装置)との適合性の確保 ● 原料調達、販路等を含む事業環境の整備や製造等に要するコストを勘案した事業性の確保
急速熱分解液化	木質系、 草本系等	液体燃料 (バイオオイル、 BDF等)、 化学品	研究 実証	実証	実用化		(17)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 木質等のバイオマスを500℃~600℃程度に加熱して急速に熱分解を進行させ、油状生成物を得る技術。生成物はエネルギー密度が低く酸性であるが、液化燃料として熱や発電に利用できるほか、水素化等により輸送用燃料や化学品原料を製造することが可能。瞬間加熱には熱砂、赤外線、マイクロ波などが用いられる。技術的には研究・実証段階。 ○ パイロットプラントでのジェットロファ、木質バイオマスのバイオオイルの生成は実証済み。バイオオイルの高品質化を検討中。木質バイオマスのバイオオイル生成時の副生チャーは燃料・資材利用を検討。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 油状生成物の変換・利用技術の開発 ○ 高付加価値製品の製造技術の開発 ○ 低温・低圧での反応が可能な革新触媒等の開発 ○ 化学品の分離精製を省エネルギー化する材料・プロセス技術の開発 ○ 熱分解炉の低価格化
水熱ガス化	木質系、 草本系、 食品廃棄物 下水汚泥、 家畜排せつ物 等	ガス・熱・電気	研究 実証	実証	実用化	実用化	(18)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 超臨界水中(374℃、220気圧以上)で加水分解反応と熱分解反応が迅速に進行し、有機物が効率よく分解されることを利用して、食品廃棄物等のバイオマスをガス化する技術で含水率の高いバイオマスを有効利用することが可能。技術的には研究・実証段階。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 安定操業性の確立 ○ 加圧装置及び高圧加水分解反応器等の低価格化による製造コストの削減
高速加水分解 (亜臨界水処理 技術)	木質系、 草本系、 食品廃棄物 下水汚泥、 家畜排せつ物 等	飼料、肥料等	研究 実証 (一部実用化)	実用化			(19)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 亜臨界水領域(事業化の目安は扱いやすい100-200℃、10-20気圧)で加水分解反応が迅速に進行し、有機物が効率的に分解されることを利用して、様々なバイオマスを資源利用する技術。高機能堆肥の生産、アミノ酸・フルボ酸等の有用物の製造など多様な技術展開が見込まれる。技術的には研究・実証段階(堆肥化、飼料化は一部実用化)。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 国内における実証試験による効果・コストの検証、課題等の整理
固体燃料化	下水汚泥、 木質系	固体燃料等	実用化				(20)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 下水汚泥を低酸素状態で熱を加え固形燃料化する炭化技術や乾燥させて固形燃料化する技術は既に実機が稼働している実用化技術である。また、中小規模下水処理場向けのコンパクトで高効率の汚泥脱水・乾燥技術も、実規模実証を経て実用化段階。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 事業主体の登場 ● 製造した乾燥汚泥は、肥料および燃料化物としての利用が可能であるが、導入地域に応じた販路および期間を調整した事業性の確保に留意する必要。
			実証	実用化				(21)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 下水汚泥を脱水乾燥した後に、バイオマスボイラを使うことで汚泥を大幅減量および排熱回収によるエネルギー効率向上を実現中。
水素製造	下水汚泥	水素	実用化				(22)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 燃料電池車等に供給するため、下水汚泥由来の消化ガスから水蒸気改質等のプロセスを経て水素を製造する技術で、技術的には実用化段階。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 燃料電池車の普及 ○ 事業主体の登場
水素化処理	廃食用油	ジェット燃料	研究 実証 (一部実用化)	実用化			(23)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 廃食用油を原料として水素化処理を行うことでジェット燃料等を製造する技術で、技術的には実証段階。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製造システムのパッケージ化 ○ 燃料収率の向上 ○ 製造コストの削減 ● 原料の確保

熱化学的変換

Ⅲ-3. 「バイオマス利用技術の現状とロードマップ」(4)

技術	原料	製造物	技術レベル			技術番号	技術の現状	技術的な課題等(○) 事業化にあたっての留意点(●)※
			現状	5年後	10年後			
熱化学的変換 燃料製造	家畜排せつ物	メタノール、ギ酸	研究・実証	実証	実用化	(24)	○ 亜塩素酸ナトリウム水溶液とフルオラス溶媒の二相反応系にメタンガスを吹き込みながら紫外線を当て攪拌することで、液体燃料のメタノールとギ酸に常温・常圧で変換することにラポレベルで成功。	○ 事業化に向けてコストを含めた検討
生物化学的変換 メタン発酵 (湿式、乾式)	下水汚泥、 家畜排せつ物、 食品廃棄物等	ガス・熱・電気	実用化(一部実証)	実用化		(25)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 下水汚泥、家畜排せつ物、食品廃棄物、草木等のバイオマスを微生物による嫌気性発酵によってメタンガスを発生させる技術で、液状原料を利用する湿式と水分80%程度の固形原料を利用する乾式がある。メタンを主成分とするバイオガスは熱や発電利用のほか、都市ガスや自動車燃料等に利用可能。技術的には実用化段階(一部実証段階)。 ○ 微生物糖化技術を用いた発酵速度の向上技術を開発(草本系、穀粉系、食品廃棄物)(研究実証段階)。 ○ 原料回収の最大化、メタン発生量の最大化、発電効率の最大化及び使用電力量の最小化や、精製による高品位バイオガスの回収を図る技術について実規模レベルでの実証を行い、コスト縮減、温室効果ガス排出量削減、エネルギー消費量削減等について効果を確認(下水汚泥)。 ○ 副生成物である消化液の農地への液肥利用について、化成肥料の施肥効果と遜色がないこと及び土壌の物理性(団粒化)改善を確認(家畜排せつ物、食品廃棄物)。 ○ 無動力の消化槽攪拌装置等、中規模下水処理場におけるコンパクトな発酵槽等の開発、小規模下水処理場における脱水機の二段活用による高濃縮汚泥の横型消化槽での高濃度消化による、低コスト・高効率なメタン発酵技術(実証段階)。 ○ 下水汚泥のメタン発酵の槽内に水素を吹き込むことにより、槽内の二酸化炭素とメタネーション反応をさせることでメタン生成量を増加させる技術について、パイロットスケールにおいて実証済み。 ○ 下水処理場の最初沈殿池からの生汚泥を積極的に回収することで、エネルギー効率の高いメタン発酵を実現。 ○ リンが高濃度で存在する消化汚泥中から高効率にリンを回収する技術は実用化段階。 ○ 地域から発生する多種類の混合系バイオマスを乾式メタン発酵により活用する実証事業を行い、目標とした性能を確保できた。 ○ 小型のバイオガス発電システムの構築を目指した技術開発事業を実施し、乳牛ふん尿を個液分離し、分離固分は堆肥化、液分はメタン発酵させ、メタン発酵後の消化液は堆肥として散布することで減容化することで、処理コスト削減が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 廃棄物回収システムの改良・効率化(異物除去等) ○ 高効率で安価な発酵・メタン精製濃縮装置の開発 ○ 効率的な複数原料の混合発酵技術の開発 ○ メタンの利用方法の拡大(未精製ガスの利用技術の開発等) ○ 気温低下によるガス生成量減少の改善(無動力メタン発酵槽) ○ 特に鶏糞を原料とした場合のアンモニアによる発酵阻害 ● 原料調達、販路等を含む事業環境の整備や製造等に要するコストを勘案した事業性の確保 ● 消化液、下水汚泥由来の肥料、リン等の利用拡大(利用促進意識の醸成などの普及促進策)。
			実用化			(26)	○ 下水汚泥を対象とした鋼板製消化槽を用いた実証実験を行い、目標としていた性能を確認。	
			研究・実証	実証(一部実用化)	実用化	(27)	○ 微生物糖化技術を用いた糖化速度の向上技術を開発(草本系、穀粉系、食品廃棄物)	○ 技術検証は終了。設備設計導入予定。
			研究・実証	実証(一部実用化)	実用化	(28) ◇	○ 実装スケールで、水田、施設園芸、畜産についてGHG排出削減と生産性向上両立する緩和技術システムの一部として、メタン発酵消化液の畑地での施用方法について、散布機械及び散布方法の改良に取り組んでいる。	○ 畑地に散布した消化液の流亡防止、肥料成分であるアンモニアの飛散防止。
		液肥						

Ⅲ-3. 「バイオマス利用技術の現状とロードマップ」(5)

技術	原料	製造物	技術レベル				技術番号	技術の現状	技術的な課題等(○) 事業化にあたっての留意点(●)*
			現状	5年後	10年後	20年後			
メタン発酵 (湿式、乾式)	間伐材等	ガス・熱・電気	実用化				(29)	○ 湿式ミリング前処理による、様々な木材の直接メタン発酵の実証に成功。原料1kgあたり400~500Lのメタンガスが発生し、ガス濃度は概ね60%。 ● 原料調達を含む事業環境の整備やコストを勘案した事業性の確保	
コンポスト化	下水汚泥	下水汚泥肥料	実用化				(30)	○ 下水汚泥の肥料化に向け、下水汚泥を好気性発酵させる。技術としては実用化済み。 ● 利用促進意識の醸成などの普及促進策。	
水素発酵	食品廃棄物、糖質・澱粉質等	ガス・熱・電気	研究	実証	実用化(一部実証)	実用化	(31)	○ 食品廃棄物等のバイオマス可溶化して水素発酵により水素を回収し、さらに残渣をメタン発酵することによりメタンを主成分とするバイオガスを回収する技術で、技術的には研究段階。 ○ 粗換え大腸菌を用いてバイオマス由来酸から300L _{H₂} /h/Lの水素生産を達成。 ○ グルコース1モルから最大理論収率12モルの水素生産を目指した光合成細菌との統合型水素生産システム技術の開発を実施。 ○ 二段発酵のエネルギー回収率の向上 ○ 原料の変化に対応した微生物管理技術の開発 ○ 微生物水素発生機構の解明(ヒドロゲナーゼ、ニトロゲナーゼ) ○ 水素生産強化を目的とした微生物育種 ○ 水素生産酵素や発生機構の異種微生物への導入 ○ 変換の低コスト化	
糖質・澱粉質系発酵 (第1世代)	余剰・規格外農産物・食品廃棄物(甜菜、米、小麦等)	エタノール、化学品	研究 実証	実用化(一部実証)			(32)	○ セルロース系バイオマス原料とするエタノール生産に必要な糖化酵素生産を商用機スケールで可能とするため、①開発糖化酵素の高機能化、②糖化酵素の工業用生産菌の構築、及び③糖化酵素の安価な大量生産技術の開発に取り組み目標とした成果を達成。 ○ 酵素や微生物の高機能化(耐熱性や高生産性)を実施(研究段階)。 ○ 高機能酵素の工業生産菌への取り込み。 ○ 生産性などの更なる向上 ● 製造コストの削減 ○ 微生物の耐熱性の向上	
	木質系、草本系(新たな原料:OPT)	エタノール、化学品	研究 実証(一部実用化)	実用化			(33) ◇	○ OPTに含まれている遊離糖から、エタノール、ブタノール、乳酸、ポリヒドロキシアルカン酸(PHA)、グルタミン酸ナトリウム(MSG)、タンパク質等、さまざまな化学品を製造する技術で、技術的には実証済み。 ○ 高機能酵素の工業生産菌への取り込み。 ○ 生産性などの更なる向上 ● 製造コストの削減 ○ 微生物の耐熱性の向上	
セルロース系発酵 (第2世代)	①ソフトセルロース(稲わら等) ②ハードセルロース(間伐材等)	エタノール、化学品	① 研究 実証(一部実用化)	実用化			(34)	○ 木質系、草本系のセルロース原料を加圧熱水や酸、アルカリ、糖化酵素等を利用して前処理・糖化した上でエタノール発酵を行う技術で、技術的には研究・実証段階(一部実用化段階(紙類、厨芥類))。 ○ 商用機スケールでの実用化に適用可能で効率的な糖化発酵生産技術を確立するため、①C5C6糖同時発酵微生物の開発、②同時糖化並行発酵プロセスの開発、及び③商業化を目指したプロセスデザインパッケージの作成に取り組み、3種の前処理バイオマスに対して93~95%という高いエタノール変換効率を有する高効率・高温発酵・阻害物質耐性・実用生産菌の開発に成功。 ○ バイオエタノール製造コストに占める割合の高い、設備償却費の推定のために、パイロットプラントにおける技術開発及びパイロットプラントの実証運転を行い、商業用プラント建設費を算出。 ○ 微生物糖化技術による糖化酵素を一切使わない糖化技術を開発。 ○ キャットサババルブ等を微生物糖化し、バイオガス・水素を製造する実証プラントの事業性評価を実施中。	
		飲料用エタノール	② 研究 実証	実用化(一部実証)	実用化		(35) ◇	○ 木質系、草本系のセルロース原料を加圧熱水や酸、アルカリ、糖化酵素等を利用して前処理・糖化した上でエタノール発酵を行う技術で、技術的には研究・実証段階(一部実用化段階(紙類、厨芥類))。 ○ 商用機スケールでの実用化に適用可能で効率的な糖化発酵生産技術を確立するため、①C5C6糖同時発酵微生物の開発、②同時糖化並行発酵プロセスの開発、及び③商業化を目指したプロセスデザインパッケージの作成に取り組み、3種の前処理バイオマスに対して93~95%という高いエタノール変換効率を有する高効率・高温発酵・阻害物質耐性・実用生産菌の開発に成功。 ○ バイオエタノール製造コストに占める割合の高い、設備償却費の推定のために、パイロットプラントにおける技術開発及びパイロットプラントの実証運転を行い、商業用プラント建設費を算出。 ○ 微生物糖化技術による糖化酵素を一切使わない糖化技術を開発。 ○ キャットサババルブ等を微生物糖化し、バイオガス・水素を製造する実証プラントの事業性評価を実施中。	
	飲料用エタノール	研究	実証	実用化		(36) ◇	○ スギ材などを原料として、湿式ミリング-酵素同時糖化・発酵プロセスにより飲料用を目的としたエタノールの製造に成功。 ○ 酢酸発酵と水素分解による次世代セルロース系発酵技術の開発 ○ 一貫プロセスの効率化・低コスト化 ○ セルロース系エタノール生産における同時糖化並行副発酵において使用する糖化酵素の高機能化 ○ 菌体リサイクル技術 ● 低コスト原料バイオマスの確保 ○ セルロース系エタノール生産における同時糖化並行副発酵において使用する糖化酵素の高機能化 ○ 菌体リサイクル技術 ● 低コスト原料バイオマスの確保 ● バイオエタノールを経てさらに高付加価値化合物へ変換する技術開発が必要 ○ バイオマス原料により糖化微生物の探索と最適化が必要。 ○ 機能性の解明。 ○ 安全性の評価。		